

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re the Application of:

SEUNG EON MOON, ET AL.

Application No.:

Filed:

For: **Microwave Tunable Device Having
Ferroelectric/Dielectric BST Film**

Art Group:

Examiner:

Commissioner for Patents
P.O, Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

REQUEST FOR PRIORITY

Sir:

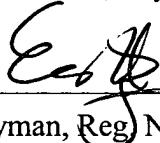
Applicant respectfully requests a convention priority for the above-captioned application, namely:

COUNTRY	APPLICATION NUMBER	DATE OF FILING
Korea	10-2002-0075291	29 November 2002

A certified copy of the document is being submitted herewith.

Respectfully submitted,

Blakely, Sokoloff, Taylor & Zafman LLP



Eric S. Hyman, Reg. No. 30,139

Dated: 10/20/03

12400 Wilshire Blvd., 7th Floor
Los Angeles, California 90025
Telephone: (310) 207-3800



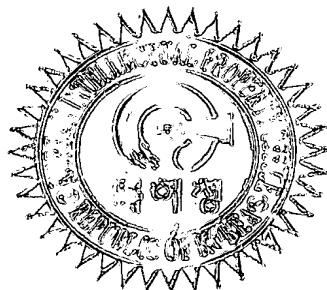
별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto
is a true copy from the records of the Korean Intellectual
Property Office.

출 원 번 호 : 10-2002-0075291
Application Number

출 원 년 월 일 : 2002년 11월 29일
Date of Application NOV 29, 2002

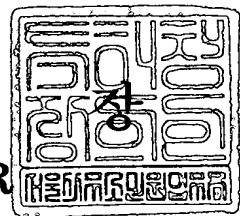
출 원 인 : 한국전자통신연구원
Applicant(s) Electronics and Telecommunications Research Institute



2003 년 09 월 01 일

특 허 청

COMMISSIONER



【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【참조번호】	0001
【제출일자】	2002.11.29
【발명의 명칭】	강유전체 /상유전체 바륨-스트론튬-티타늄 산화물 박막을 구비하는 초고주파 가변소자
【발명의 영문명칭】	Microwave tunable device having ferroelectric/dielectric BST film
【출원인】	
【명칭】	한국전자통신연구원
【출원인코드】	3-1998-007763-8
【대리인】	
【명칭】	특허법인 신성
【대리인코드】	9-2000-100004-8
【지정된변리사】	변리사 정지원, 변리사 원석희, 변리사 박해천
【포괄위임등록번호】	2000-051975-8
【발명자】	
【성명의 국문표기】	문승언
【성명의 영문표기】	MOON,Seung Eon
【주민등록번호】	651122-1090711
【우편번호】	305-345
【주소】	대전광역시 유성구 신성동 한울아파트 106-504
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	김은경
【성명의 영문표기】	KIM,Eun Kyoung
【주민등록번호】	670707-2056116
【우편번호】	305-720
【주소】	대전광역시 유성구 신성동 대림두레아파트 105-703
【국적】	KR

【발명자】

【성명의 국문표기】 김원정
 【성명의 영문표기】 KIM, Won Jeong
 【주민등록번호】 651215-1670520
 【우편번호】 305-761
 【주소】 대전광역시 유성구 전민동 엑스포아파트 101-201
 【국적】 KR

【발명자】

【성명의 국문표기】 이수재
 【성명의 영문표기】 LEE, Su Jae
 【주민등록번호】 621207-1921837
 【우편번호】 305-751
 【주소】 대전광역시 유성구 송강동 송강그린아파트 306-906
 【국적】 KR

【발명자】

【성명의 국문표기】 강광용
 【성명의 영문표기】 KANG, Kwang Yong
 【주민등록번호】 511003-1829811
 【우편번호】 305-345
 【주소】 대전광역시 유성구 신성동 한울아파트 110-802
 【국적】 KR

【심사청구】

【취지】 특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사 를 청구합니다. 대리인 특허법인 신성 (인)

【수수료】

【기본출원료】	16	면	29,000	원
【가산출원료】	0	면	0	원
【우선권주장료】	0	건	0	원
【심사청구료】	3	항	205,000	원
【합계】	234,000			원
【감면사유】	정부출연연구기관			
【감면후 수수료】	117,000			원

1020020075291

출력 일자: 2003/9/4

【기술이전】

【기술양도】 희망

【실시권 허여】 희망

【기술지도】 희망

【첨부서류】 1. 요약서·명세서(도면)_1통

【요약서】**【요약】**

본 발명은 초고주파 부품 기술에 관한 것으로, 특히 초고주파 가변소자에 관한 것이며, 더 자세히는 강유전체/상유전체 $(Ba_{1-x}, Sr_x)TiO_3$ (BST) 박막을 구비하는 초고주파 가변소자에 관한 것이다. 본 발명은 강유전체/상유전체 ST 박막 자체의 유전손실을 줄일 수 있는 초고주파 가변소자를 제공하는데 그 목적이 있다. 본 발명의 일 측면에 따르면, 기판과, 상기 기판 상에 제공되는 (111) 방향의 강유전체/상유전체 바륨-스트론튬-티타늄 산화막을 구비하는 초고주파 가변소자가 제공된다. 본 발명은 종래기술의 한계성을 극복하기 위하여 (111) 방향으로 성장된 강유전체/상유전체 BST 박막을 이용하여 초고주파 가변소자를 구현한다. 이에 따라 초고주파 가변소자의 손실 특성을 향상시킬 수 있다.

【대표도】

도 1b

【색인어】

바륨-스트론튬-티타늄 산화막(BST), 강유전체/상유전체 박막, 초고주파 가변 소자, 유전상수 변화율, 유전 손실

【명세서】

【발명의 명칭】

강유전체/상유전체 바륨-스트론튬-티타늄 산화물 박막을 구비하는 초고주파
가변소자{Microwave tunable device having ferroelectric/dielectric BST film}

【도면의 간단한 설명】

도 1a 및 도 1b는 가변 필터나 가변 축전기에 사용되는 인터디지털 캐패시터(interdigital capacitor)의 평면도 및 사시도.

도 2는 강유전체/상유전체의 대표적인 구조 중 하나인 페로브스카이트 구조를 모델링한 도면.

도 3은 (111) 방향의 결정면을 나타낸 도면.

도 4는 증착 온도를 달리하여 레이저 증착법으로 성장된 강유전체/상유전체 BST 박막의 Θ -2 Θ x-선 회절 패턴을 나타낸 도면.

도 5는 레이저 증착법으로 성장된 (001), (011) 및 (111) 방향의 강유전체/상유전체 BST 박막의 Θ -2 Θ x-선 회절 패턴을 나타낸 도면.

도 6a 및 도 6b는 강유전체/상유전체 BST 박막을 이용하여 구현된 인터디지털 캐패시터에 인가된 직류전압에 따른 유전상수의 변화율 및 품질 팩터(quality factor, Q)를 나타낸 도면.

* 도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명

100 : MgO 기판

110 : 강유전체/상유전체 BST 박막

120 : 전극 패턴

【발명의 상세한 설명】

【발명의 목적】

【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

<11> 본 발명은 초고주파 부품 기술에 관한 것으로, 특히 초고주파 가변소자에 관한 것이며, 더 자세히는 강유전체/상유전체 $(Ba_{1-x}, Sr_x)TiO_3$ (BST) 박막을 구비하는 초고주파 가변소자에 관한 것이다.

<12> 유전체 산화막 중에서 강유전체/상유전체 산화물 박막은 그 물질 자체가 가지는 여러 특성으로 인해 다양한 응용 분야를 가지고 있는데, 안정된 두 잔류분극을 이용한 비휘발성 기억소자, 큰 유전율을 이용한 기억소자에서의 축전기, 초전성을 이용한 비냉각형 적외선 센서, 압전성을 이용한 미세구동소자, 전기광학 효과를 이용한 광소자 등에 널리 응용되고 있다.

<13> 강유전체/상유전체를 구비하는 초고주파 가변소자는 강유전체/상유전체에 전기장이 가해질 때 그 물질의 미세 구조의 변화에 따른 유전율의 차이를 이용한다. 예를 들면, 기계적으로 안테나의 방향을 조절하지 않고 전기적으로 조절하는 능동안테나 시스템의 핵심 부품인 위상변위기, 가해진 전기장에 따라 달라지는 강유전

체/상유전체의 유전율 변화를 이용한 주파수 가변 필터나 전압 조절 축전기, 그리고 전압 조절 공진기, 발진기, 전압 조절 분배기 등이 있다. 특히, 강유전체/상유전체 위상변위기는 큰 유전상수로 인해 소자의 크기를 작고 무게를 가볍게 할 수 있고 강유전체/상유전체의 빠른 응답특성과 적은 누설전류로 인해 전기적 파워 소비량이 적고 전송 초고주파 파워의 변화에 대한 안정성이 크며 생산 단가가 낮아서 기존의 강자성체나 반도체로 만들어진 경쟁 소자에 비해 많은 장점을 가지고 있다.

<14> 다성분으로 구성된 산화물 박막 성장 기술이 발전하기 전에는 단결정이나 분말을 압축해서 만든 세라믹으로 초고주파 가변 소자를 구현해 왔으나, 단결정 성장이 힘들고 상대적으로 큰 유전율로 인해 임피던스 매칭 설계가 힘들어 전송 파에 대한 반사손실이 큰 문제점이 지적되어 왔다. 현재는 주로 박막으로 만들어진 강유전체/상유전체를 이용하여 초고주파 가변소자를 제작하며, 강유전체/상유전체 박막이 전기장에 의한 유전율의 변화가 커야 하고 강유전체/상유전체 자체의 유전손실이 작아야 할 것을 요구한다. 이러한 요구 사항에 부응하는 물질로 $(\text{Ba}_{1-x}, \text{Sr}_x)\text{TiO}_3$ (BST)가 널리 이용되고 있다.

<15> 한편, 강유전체/상유전체 BST 박막을 이용하여 제작된 초고주파 가변소자에서 손실의 요인은 설계 자체에 의한 손실을 제외하고 크게 세 요소로 나눌 수 있는데, 전극에 의한 손실, 복사에 의한 손실, 강유전체/상유전체에 의한 손실이 그것이다. 이 중 전극에 의한 손실은 전극의 두께를 초고주파 통과시 흐르는 표면 두께보다 몇 배 두껍게 함으로써 거의 해결할 수 있고, 복사에 의한 손실은

패키징을 적절히 함으로써 없앨 수 있지만, 강유전체/상유전체 물질 자체에 의한 손실은 다른 요소로 해결할 수가 없다.

<16> 종래에는 (001) 또는 (011) 방향으로 성장된 강유전체/상유전체 BST 박막을 이용하여 초고주파 가변소자를 구현하였다. 특히, (011) 방향의 BST 박막을 이용한 초고주파 가변소자의 경우에는 (001) 방향의 BST 박막을 이용한 초고주파 가변소자와 비교해서 거의 같은 유전손실을 가지면서 훨씬 큰 전기장에 의한 유전상수 변화율을 얻을 수 있었다.

<17> 그러나, 근본적으로 강유전체/상유전체 BST 박막 자체의 유전손실에 의한 초고주파 가변소자의 손실을 줄이는데는 한계가 있으며, 다른 물질, 예컨대 강자성체 물질이나 반도체 물질을 이용한 초고주파 가변소자와의 특성 비교시 단점으로 지적되어 왔다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

<18> 본 발명은 상기와 같은 종래기술의 문제점을 해결하기 위하여 제안된 것으로, 강유전체/상유전체 ST 박막 자체의 유전손실을 줄일 수 있는 초고주파 가변소자를 제공하는데 그 목적이 있다.

【발명의 구성 및 작용】

<19> 상기의 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명의 일 측면에 따르면, 기판과, 상기 기판 상에 제공되는 (111) 방향의 강유전체/상유전체 바륨-스트론튬-티타늄 산화막을 구비하는 초고주파 가변소자가 제공된다.

<20> 본 발명은 종래기술의 한계성을 극복하기 위하여 (111) 방향으로 성장된 강유전체/상유전체 BST 박막을 이용하여 초고주파 가변소자를 구현한다. 이에 따라 초고주파 가변소자의 손실 특성을 향상시킬 수 있다.

<21> 이하, 본 발명이 속한 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명을 보다 용이하게 실시할 수 있도록 하기 위하여 본 발명의 바람직한 실시예를 소개하기로 한다.

<22> 도 1a 및 도 1b는 가변 필터나 가변 축전기에 사용되는 인터디지털 캐패시터(interdigital capacitor)의 평면도 및 사시도로서, 이하 이를 참조하여 본 발명의 일 실시예에 따른 초고주파 가변소자 제조 공정을 설명한다.

<23> 본 실시예에 따른 초고주파 가변소자 제조 공정은, 우선 MgO 기판(100) 상에 (111) 방향의 강유전체/상유전체 BST 박막(110)을 성장시킨다. 이때, 기판 온도를 일정 수준 이상으로 승온시킨 상태에서 강유전체/상유전체 BST 박막(110)을 성장시키며, 강유전체/상유전체 BST 박막(110)의 두께는 소자의 사용 목적에 따라 얇게는 수 nm에서 두껍게는 수 mm까지 조절할 수 있다. 이때, 성장 방법으로 레이저 증착(pulsed laser ablation)법을 사용하는 것이 바람직하다. 레이저 증

착법은 KrF와 같은 큰 에너지를 가지는 레이저를 반사판과 집속판을 이용하여 챔버 내에 있는 타겟에 집속시켜 그 에너지로 인해 물질이 떨어져나와 증착이 이루어지는 방식으로서, 다성분으로 이루어진 물질의 박막 증착이 용이하며 증착속도가 다른 증착법에 비해 빠른 장점이 있다.

<24> 다음으로, 강유전체/상유전체 BST 박막(110) 상에 전극 물질을 증착한 후 사진 및 식각 공정을 통해 전극 패턴(120)을 형성한다.

<25> 상기와 같은 공정에 의해 구현된 초고주파 가변소자는 직류 또는 교류전압에서 동작하게 된다.

<26> 도 2는 강유전체/상유전체의 대표적인 구조 중 하나인 페로브스카이트 구조를 모델링한 도면이다. 도 2를 참조하면, BST는 입방체의 각 면의 가운데에 티타늄(Ti)이 위치하고, 각 꼭지점에 바륨(Ba)이나 스트론튬(Sr)이 존재하고 입방체의 중심에 산소(O)가 위치하는 구조를 가진다. 도 3은 (111) 방향의 결정면을 나타낸 도면이다.

<27> 한편, 전술한 실시예에서 사용된 MgO 기판(100)은 NaCl 구조로서 입방체 형태를 갖고 있어 BST 박막 성장용으로 많이 쓰이고 있다. 그러나 MgO와 BST의 격자상수는 각각 4.212, 3.965이고, 격자상수의 차이는 6.2%로 BST 박막(110)을 MgO 기판(100) 위에서 결맞게 성장시키기 위해서는 적절한 증착 조건(예컨대, 기판과 타겟 사이의 거리, 증착 압력, 증착 온도 등)이 필요하다.

<28> 도 4는 증착 온도를 달리하여 레이저 증착법으로 성장된 강유전체/상유전체 BST 박막의 Θ - 2Θ x-선 회절 패턴을 나타낸 도면이다. (111) 방향으로의 배향

성은 타겟과 기판 사이의 거리를 5cm로 고정한 상태에서 증착 압력에 큰 변화가 없어 증착 압력을 200mTorr로 고정하였다. 증착 온도가 750°C인 경우에는 (001) 방향의 피크가 보였지만, 증착 온도가 올라감에 따라 점점 줄어들었고, 825°C인 경우에는 (001) 방향의 피크가 없는 (111) 방향으로의 피크만이 존재함을 확인할 수 있다.

<29> 도 5는 레이저 증착법으로 성장된 (001), (011) 및 (111) 방향의 강유전체/상유전체 BST 박막의 Θ -2 Θ x-선 회절 패턴을 나타낸 도면으로서, 각각 (001), (011) 및 (111) 방향의 x-선 피크만 존재하는 것을 확인할 수 있으며, 이는 각 방향의 강유전체/상유전체 BST 박막이 모두 결맞게 성장했음을 의미하는 것이다.

<30> 도 6a 및 도 6b는 강유전체/상유전체 BST 박막을 이용하여 구현된 인터디지털 캐패시터에 인가된 직류전압에 따른 유전상수의 변화율 및 품질 팩터(quality factor, Q)를 나타낸 도면이다.

<31> 우선, 도 6a를 참조하면, 인가된 직류전압에 따른 유전상수 변화율은 (011) 방향의 BST 박막으로 구현된 소자에서 가장 큰 값을 보이나 나머지 두 (001) 및 (111) 방향의 BST 박막으로 구현된 소자에서도 50% 이상의 유전상수 변화율을 나타내고 있다.

<32> 다음으로, 도 6b를 참조하면, 품질 팩터는 유전손실의 역수의 개념이므로 그 값이 클수록 유전손실이 작음을 의미한다. 이 값은 유전상수의 변화율과는 달리 (111) 방향의 BST 박막으로 구현된 소자에서 (110) 및 (011) 방향의 BST 박막으로 구현된 소자에 비해 2배 이상의 큰 값을 보이고 있다. 강유전체/상유전체

박막의 경우, 일반적으로 전압이 인가됨에 따라 유전손실이 작아지는데, 여기에 서는 인가전압이 0V인 경우이다.

<33> 일반적으로 유전상수 변화율과 Q값은 클수록 좋은데, 보통 두 값은 실험적으로 반비례하는 경향이 많이 보고되고 있다. 따라서, 두 값을 곱한 값으로 그 소자의 특성을 대변하는데, 여기서 BST 박막의 방향성에 따라 구현된 소자에서 측정한 값을 비교하면 (001), (011), (111) 방향에 대하여 각각 6, 5, 10으로 (111) 방향의 BST 박막으로 구현된 소자에서 가장 큰 값을 보인다.

<34> 이처럼 (111) 방향의 BST 박막이 우수한 특성을 보이는 가장 큰 이유로는 강유전체/상유전체 BST 박막의 방향성에 따른 물성의 차이(성장된 강유전체/상유전체 박막의 방향성에 따른 가해진 전기장의 방향과 전기장에 반응하는 쌍극자의 방향의 차이)를 꼽을 수 있으며, 그 이외에도 BST 박막 내의 산소공공, BST 박막과 하부 기판과의 열팽창율 차이, 박막과 기판과의 스트레인/스트레스 (strain/stress) 등이 영향을 미치는 것으로 파악된다.

<35> 본 발명의 기술 사상은 상기 바람직한 실시예에 따라 구체적으로 기술되었으나, 상기한 실시예는 그 설명을 위한 것이며 그 제한을 위한 것이 아님을 주의하여야 한다. 또한, 본 발명의 기술 분야의 통상의 전문가라면 본 발명의 기술 사상의 범위 내에서 다양한 실시예가 가능함을 이해할 수 있을 것이다.

<36> 예컨대, 전술한 실시예에서는 초고주파 가변소자의 기판으로 MgO 기판을 사용하는 경우를 일례로 들어 설명하였으나, 본 발명은 다른 기판 상에 초고주파 가변소자를 구현하는 경우에도 적용된다.

<37> 또한, 본 발명은 전압 가변 축전기, 전압 가변 공진기, 전압 가변 필터, 위상변위기, 분배기, 발진기 등의 모든 초고주파 가변소자에 적용할 수 있다.

【발명의 효과】

<38> 전술한 본 발명에 따라 (111) 방향의 강유전체/상유전체 BST 박막으로 구현된 초고주파 가변 소자는 BST 박막 자체의 상대적으로 작은 유전손실로 인해 응답 특성이 우수하다. 따라서, 본 발명에 따라 구현된 초고주파 가변소자를 이용하면, 능동 안테나 시스템이나 위성 통신 시스템 내에서의 전파의 손실을 작게 하여 데이터의 변형이나 손실을 줄이고 안테나로 전파 방출시 증폭을 그만큼 적게 하여도 되므로 전체 시스템의 출력 효율면에서 장점이 있다.

【특허청구범위】**【청구항 1】**

기판과,

상기 기판 상에 제공되는 (111) 방향의 강유전체/상유전체 바륨-스트론듐-티타늄 산화막
을 구비하는 초고주파 가변소자.

【청구항 2】

제1항에 있어서,

상기 강유전체/상유전체 바륨-스트론듐-티타늄 산화막은 레이저 증착법으로
성장된 박막인 것을 특징으로 하는 초고주파 가변소자.

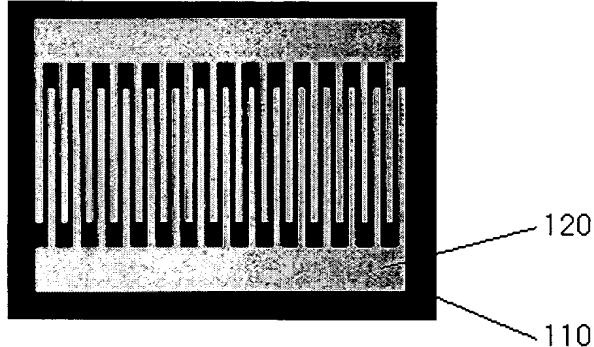
【청구항 3】

제1항 또는 제2항에 있어서,

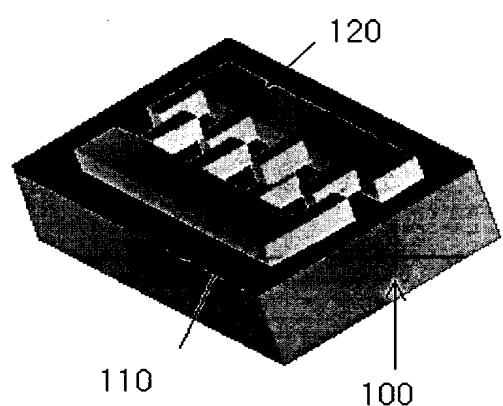
상기 기판은 MgO 기판인 것을 특징으로 하는 초고주파 가변소자.

【도면】

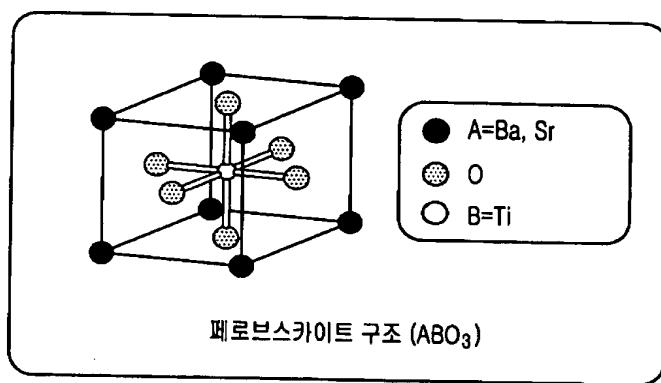
【도 1a】



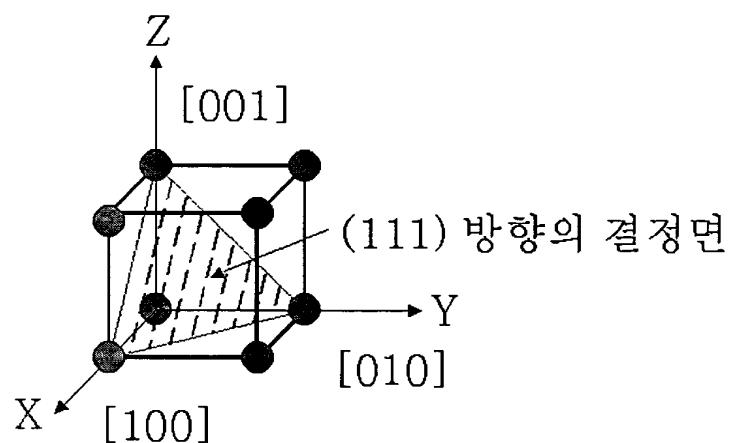
【도 1b】



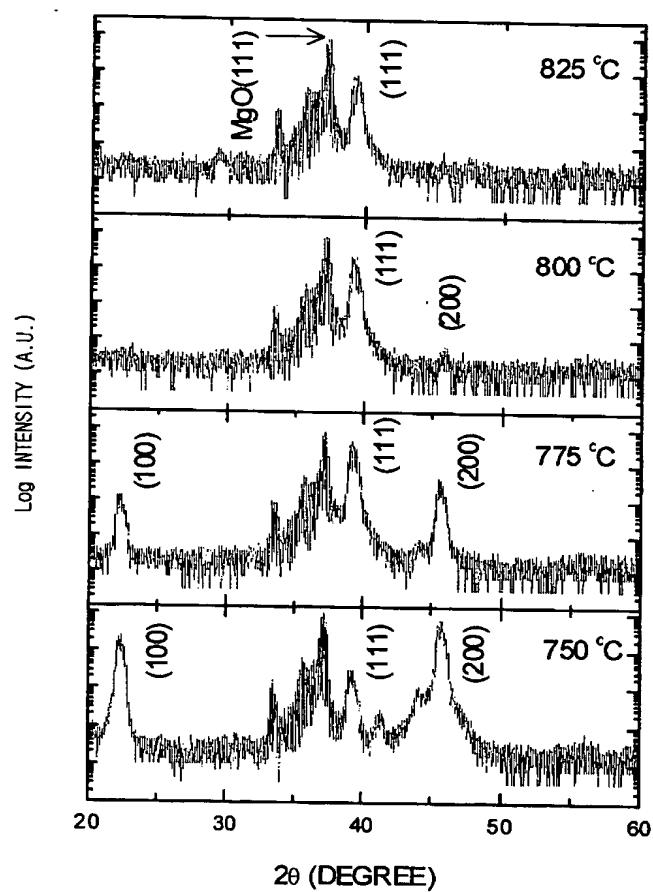
【도 2】

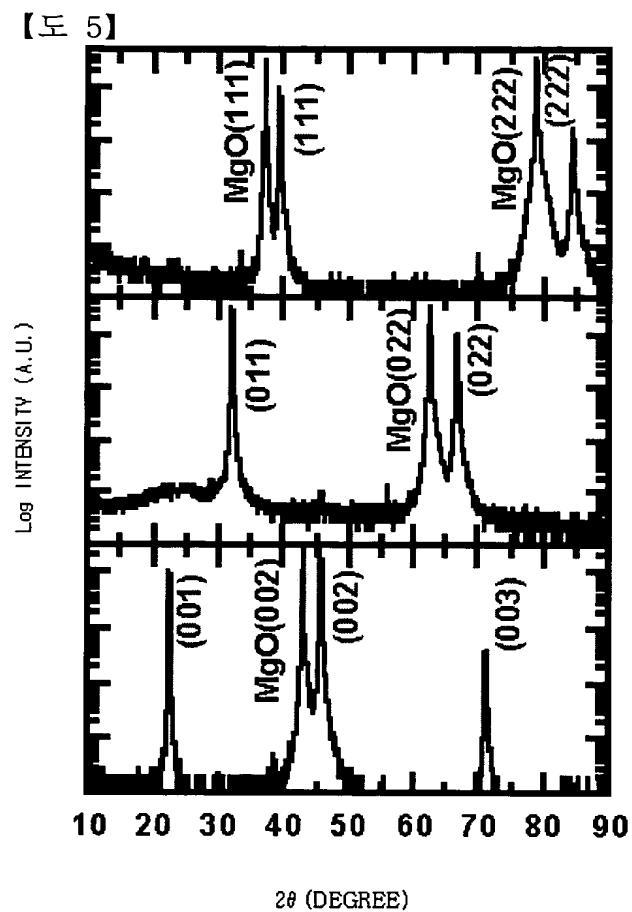


【도 3】

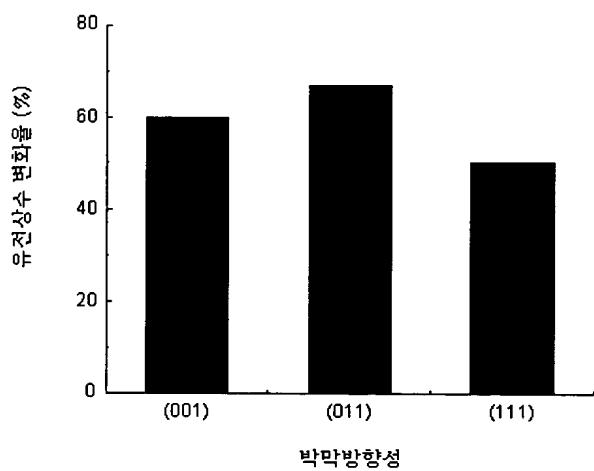


【도 4】





【도 6a】



【도 6b】

